

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-145033

(43)Date of publication of application : 28.05.1999



(51)Int.Cl.

H01L 21/027

G03F 7/20

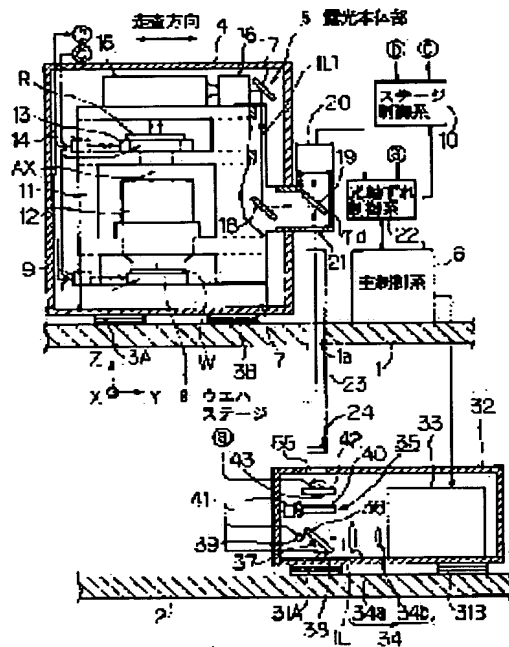
(21)Application number : 09-305617

(71)Applicant : NIKON CORP

(22)Date of filing : 07.11.1997

(72)Inventor : OZAWA KEN

(54) METHOD OF EXPOSURE AND ITS DEVICE



(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a method of exposure and its device capable of preventing a decreasing of luminous energy of an incident exposure light from an energy source to an exposing chamber, when the exposing chamber is far separately located from the exposure light source.

SOLUTION: An exposing chamber 5 is set on a floor 1, and an exposing light IL from an excimer laser beam source 33 set on a downstairs floor 2 is delivered to a fly-eye-lens unit 16 in the exposing chamber 5 through a beam splitter 19, a mirror 18, and the like. When the center of a wafer stage 8 and a reticle stage 13 are respectively on an optical axis AX of a projection optical system 12, a shift of an optical axis of an exposing light IL is monitored through an optical axis shift monitoring unit 20 and, based on the monitoring result, the shift of the optical axis of the exposing light IL is corrected through an optical axis shift correction system 35.

LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-145033

(43) 公開日 平成11年(1999) 5月28日

(51) Int.Cl.[°]
H 0 1 L 21/027
G 0 3 F 7/20

識別記号
5 2 1

F I
H 0 1 L 21/30 5 1 6 D
G 0 3 F 7/20 5 2 1
H 0 1 L 21/30 5 1 8

審査請求 未請求 請求項の数9 OL (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願平9-305617

(22) 出願日 平成9年(1997)11月7日

(71) 出願人 000004112

株式会社ニコン

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号

(72) 発明者 小澤 謙

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株式会社ニコン内

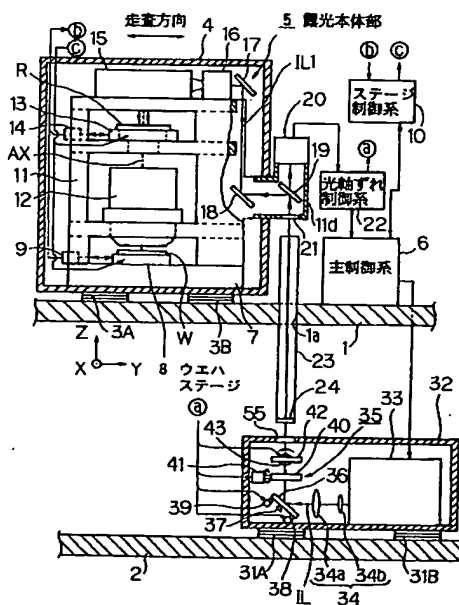
(74) 代理人 弁理士 大森 聡

(54) 【発明の名称】 露光方法及び装置

(57) 【要約】

【課題】 露光本体部と露光光源とを離して設置しているような場合に、露光光源から露光本体部に入射する露光光の光量の低下を防止する。

【解決手段】 床1上に露光本体部5が設置され、その階下の床2上に設置されたエキシマレーザ光源33からの露光光1Lが、ビームスプリッタ19、及びミラー18等を介して露光本体部5のフライアイレンズユニット16に供給されている。露光本体部5内のウェハステージ8、及びレチクルステージ13の中心がそれぞれ投影光学系12の光軸AX上にあるときに、光軸ずれモニタユニット20を介して露光光1Lの光軸ずれの量をモニタし、このモニタ結果に応じて光軸ずれ補正系35を介してその露光光1Lの光軸ずれを補正する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 露光エネルギービームをマスクに照射し、該マスクのパターンを基板上に転写する露光方法において、前記基板を載置するためのステージが所定の基準位置に在るときに、前記露光エネルギービームのずれ情報を検出し、該検出結果に基づいて前記露光エネルギービームの光軸調整を行うことを特徴とする露光方法。

【請求項2】 前記マスクのパターンは投影光学系を介して前記基板上に転写され、前記基板の中心と前記投影光学系の光軸とが実質的に一致するときの前記ステージの位置を前記基準位置として、前記露光エネルギービームのずれ情報を検出することを特徴とする請求項1記載の露光方法。

【請求項3】 前記ステージが前記基板の受け渡し位置に在るときに前記露光エネルギービームのずれ情報を検出し、前記ステージが前記基板の受け渡し位置に在るときと前記ステージが前記基準位置に在るときとの前記露光エネルギービームの変位情報、及び前記基準位置で検出されたずれ情報に基づいて、前記露光エネルギービームの光軸調整を行うことを特徴とする請求項1記載の露光方法。

【請求項4】 マスクと基板とを同期移動しながら露光エネルギービームを前記マスクに照射して、該マスクのパターンを前記基板上に転写する露光方法において、前記マスクを載置するためのステージが所定の基準位置に在るときに、前記露光エネルギービームのずれ情報を検出し、該検出結果に基づいて前記露光エネルギービームの光軸調整を行うことを特徴とする露光方法。

【請求項5】 前記マスクのパターンは投影光学系を介して前記基板上に転写され、前記ステージに載置されたマスクの中心と前記投影光学系の光軸とが実質的に一致するときの前記ステージの位置を前記基準位置として、前記露光エネルギービームのずれ情報を検出することを特徴とする請求項4記載の露光方法。

【請求項6】 前記ステージが所定の待機位置に在るときに前記露光エネルギービームのずれ情報を検出し、前記ステージが前記待機位置に在るときと前記ステージが前記基準位置に在るときとの前記露光エネルギービームの変位情報、及び前記基準位置で検出されたずれ情報に基づいて、前記露光エネルギービームの光軸調整を行うことを特徴とする請求項4記載の露光方法。

【請求項7】 露光エネルギービームをマスクに照射し、該マスクのパターンを基板上に転写する露光方法において、前記基板上の或る一つのショット領域に対する露光中に

前記露光エネルギービームのずれ情報を検出し、該検出結果に基づいて前記基板上の次の露光対象のショット領域に対する露光の開始前に、前記露光エネルギービームの光軸調整を行うことを特徴とする露光方法。

【請求項8】 前記次の露光対象のショット領域への露光中に前記露光エネルギービームのずれ計測、及び光軸調整を継続して行うことを特徴とする請求項7記載の露光方法。

【請求項9】 マスクに形成されたパターンを基板上に転写する露光装置において、露光エネルギービームを発生するビーム源と、該ビーム源と異なるベース上に設置され、前記露光エネルギービームのもとで前記マスクのパターンを前記基板上に転写するための露光本体部と、前記露光エネルギービームの前記露光本体部に対するずれ情報を検出する検出装置と、該検出結果に基づいて前記露光エネルギービームの光軸を補正する補正装置と、前記露光本体部での動作に応じて、前記検出装置及び前記補正装置の動作を制御する制御システムと、を有することを特徴とする露光装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、例えば半導体デバイス、液晶表示素子、又は薄膜磁気ヘッド等をフォトリソグラフィ技術を用いて製造する際に、マスクパターンを感光性の基板上に転写するための工程で使用される露光方法、及び露光装置に関する。

【0002】

【従来の技術】半導体デバイス等を製造する際に、従来は露光光として水銀ランプのg線(波長436nm)、又はi線(波長365nm)等を用いた一括露光型の投影露光装置(ステッパー)が多用されていた。また、解像度は露光波長に比例するため、半導体デバイス等の更なる微細化に対応すべく、近年では露光光としてKrF(波長248nm)、又はArF(波長193nm)のようなエキシマレーザ光が使用されつつある。これらの光源としてのエキシマレーザ光源は大型であるため、露光装置の本体部(露光本体部)から分離して設置されているのが一般的であった。このように露光本体部とエキシマレーザ光源とが同一の床上で分離して配置されている構成では、振動等によるエキシマレーザ光の強度分布の中心(以下、「光軸」と呼ぶ)のずれの影響を軽減するために、エキシマレーザ光源の射出面と露光本体部内のオプティカル・インテグレートとしてのフライアイレンズの入射面とが共役に設定されていた。

【0003】ところで、露光装置は通常クリーンルーム内に設置されているが、エキシマレーザ光を用いた露光装置が本格的に半導体デバイスの製造に用いられようとしている現在、そのエキシマレーザ光源のクリーンル

ム内での大きな占有面積が問題となっている。更に、エキシマレーザ光源は、希ガスやハロゲンガスを用いているため、その光源はできれば露光装置のオペレータのいる環境とは別の環境下に設置することが望ましい。そこで、最近では、エキシマレーザ光源を、露光本体部が設置されているクリーンルームの外部に設置すること、それも主に露光本体部が設置されている床の階下のユーティリティスペースに設置することに対する要求が高まっている。

【0004】更に、近年では、投影光学系を大型化することなく大面積のチップパターンを高い解像度で露光するという要求に応えるために、マスクとしてのレチクル、及び基板としてのレジストが塗布されたウエハを投影倍率比で同期移動することによって、ウエハ上の各ショット領域への露光を行うステップ・アンド・スキャン方式のような走査露光型の投影露光装置（走査型露光装置）が開発されている。この走査型露光装置では、ウエハ上の1点のみに着目した露光量制御が適用できないため、一括露光型の露光装置で採用されているような所謂カットオフ制御が使用できない。そこで、従来は例えば単純なパルス積算によるオープンループ方式の露光量制御が行われていた。

【0005】但し、このようなオープンループ制御では、1枚のウエハへの露光中に露光光源からの露光ビームの光軸が許容範囲を超えてずれると、フライアイレンズでの取り込み光量（ウエハに伝搬される露光パワー）が変動してしまふ。そこで、実際にフライアイレンズで取り込まれる光量をフィードバックするため、本出願人は、特願平8-132988号において、ウエハ上の一つのショット領域への露光時に実際に計測された露光量に基づいて、次のショット領域への露光時の露光量を補正するショット毎の露光量制御方法を提案している。この方法で露光量の補正を行うには、エネルギー微変調器での減光率の制御や、露光光源の出力の制御等が行われていた。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】上記の如く、露光光源として大型で特別な気体を使用するエキシマレーザ光源等を使用する場合には、露光本体部に対してその露光光源を床下に配置するなどして、露光本体部と露光光源とを互いに完全に独立の系として設置することが望ましい。ところが、例えば露光光源を露光本体部の床下に設置した場合、露光光源から露光本体部まで露光光の光路をいかに引き回すかが問題となる。即ち、従来の通常の配置のように同一の床上に露光本体部、及び露光光源を配置した場合には、例えば露光光源の射出面とフライアイレンズの入射面とが共役になるように光路の引き回しが行われるが、露光光源が床下にある配置では、その共役の条件を正確に満たすことは困難である。そこで、その共役の条件を若干緩くして、露光本体部側と露光光源

側とで互いに独立に光学系、及び機構部の設計を一般化することが検討されている。

【0007】しかしながら、このように共役の条件を緩くした配置では、露光光としてのレーザビームの光軸の揺らぎ等による光軸のずれ量が大きくなると共に、異なる床毎の振動に起因する相対的変動による露光光の光軸のずれ量も大きくなる。従って、フライアイレンズの入射面での露光光の位置ずれ量が大きくなって、取り込み光量の変動量も大きくなる。そのため、例えば一括露光型の露光装置において、取り込み光量が大きく低下したような場合には、露光時間をかなり長くする必要があるので、露光工程のスループットが大きく低下するという不都合がある。

【0008】また、走査型露光装置でショット領域毎に露光光の光量を補正する場合にフライアイレンズでの取り込み光量が大きく減少すると、従来のエネルギー微変調器での減光率の制御、又は露光光源自体の出力の制御では補正不足となる恐れがある。更に、フライアイレンズに入射する露光光の光軸が大きくずれると、結像性能にも影響が及ぶ恐れがある。

【0009】本発明は斯かる点に鑑み、露光本体部と露光光源とを離して設置しているような場合に、露光光源から露光本体部に入射する露光光の光量が大きく低下することが無い露光方法を提供することを第1の目的とする。更に本発明は、そのような場合にウエハ毎、又はウエハの各ショット領域毎に露光光の光量をスループットを殆ど低下させることなく補正できる露光方法を提供することを第2の目的とする。

【0010】更に本発明は、露光本体部と露光光源とが離れて設置されている走査型露光装置において、露光光源から露光本体部に入射する露光光の光量が大きく低下することが無い露光方法を提供することを第3の目的とする。更に本発明は、そのような露光方法を実施できる露光装置を提供することを目的とする。

【0011】

【課題を解決するための手段】本発明による第1の露光方法は、露光エネルギービームをマスク（R）に照射し、このマスクのパターンを基板（W）上に転写する露光方法において、その基板を載置するためのステージ（8）が所定の基準位置に在るときに、その露光エネルギービームのずれ情報（光軸ずれの量）を検出し、この検出結果に基づいてその露光エネルギービームの調整を行うものである。

【0012】斯かる本発明によれば、例えば露光装置中の転写が行われる露光本体部に対して、露光エネルギービーム（露光光）を発生するビーム源（露光光源）が床下のように離れて設置されている配置において、ビーム源から射出された露光エネルギービームの強度分布の中心（光軸）の、露光本体部の例えばオブティカル・インテグレート等の入射面の中心に対する位置ずれ量（以

下、「光軸ずれの量」と呼ぶ)を検出するモニタ系と、このモニタ系の検出結果に基づいて例えばビーム源側で露光エネルギービームの光軸のずれを補正する補正系とが設けられる。その光軸ずれの量は、例えば横シフト量、及び角度のずれ量を含んでいる。また、露光本体部のオプティカル・インテグレータ等の位置は、その露光本体部の重心位置によっても変化してしまう。即ち、その光軸ずれの量は、基板用のステージ(8)がどの位置に在るかによっても変動するため、そのステージ(8)が例えば移動ストローク中の中央等の基準位置に在るときに、その光軸ずれが最小になるようにしておく。これによって、その光軸ずれの量はその基準位置を中心として例えば正負に振り分けられるため、そのステージ

(8)が移動ストローク中でどの位置に移動しても、その光軸ずれの量は小さく抑えられ、ビーム源から露光本体部に入射する露光エネルギービームの量が大きく低下することが無い。

【0013】この場合、一例として、そのマスク(R)のパターンは投影光学系(8)を介してその基板(W)上に転写され、その基板の中心と投影光学系(8)の光軸とが実質的に一致するときのそのステージ(8)の位置をその基準位置として、その露光エネルギービームの位置を検出してもよい。これによって、その基板の全面に露光する際に全体としてその露光エネルギービームの光軸ずれの量が最小に抑えられる。

【0014】また、別の例として、そのステージ(8)がその基板(W)の受け渡し位置に在るときにその露光エネルギービームのずれ情報を検出し、ステージ(8)がその基板の受け渡し位置に在るときと、ステージ(8)がその基準位置に在るときとのその露光エネルギービームの変位情報、及びその基準位置で検出されたずれ情報に基づいて、その露光エネルギービームの位置ずれや角度ずれの調整を行うようにしてもよい。

【0015】そのステージ(8)をその基準位置に移動して光軸ずれの量を計測するのは、露光工程を中断することになってスループットが低下するため、あまり高頻度に行うことは望ましくない。一方、そのステージ(8)が基板の受け渡し位置に在るときに、基板の搬送待ちの間に、又は基板交換と並列に露光エネルギービームの光軸ずれの量を計測してもスループットは低下しない。そこで、予めそのステージ(8)がその基準位置に在るときに光軸ずれの量と、そのステージ(8)が基板の交換位置に在るときに光軸ずれの量との差分等を求めておき、後は基板交換時に計測される光軸ずれの量に応じてその基準位置での光軸ずれの量を予測し、例えばこの予測される光軸ずれの量が最小になるように露光エネルギービームの調整を行うことで、露光対象の基板毎に光軸ずれの量を最小にできると共に、スループットは低下しない。

【0016】次に、本発明による第2の露光方法は、マ

スク(R)と基板(W)とを同期移動しながら露光エネルギービームをそのマスクに照射して、このマスクのパターンをその基板上に転写する露光方法において、マスク(R)を載置するためのステージ(13)が所定の基準位置に在るときに、その露光エネルギービームのずれ情報を検出し、この検出結果に基づいてその露光エネルギービームの調整を行うものである。

【0017】斯かる本発明によれば、例えば露光本体部に対して、露光エネルギービーム(露光光)を発生するビーム源(露光光源)が床下のように離れて設置されている走査型露光装置において、ビーム源から射出された露光エネルギービームの強度分布の中心(光軸)の、露光本体部に対するずれ量(光軸ずれの量)が検出される。走査型露光装置では、通常、マスク用のステージ(13)は次のショット領域への露光に移行する毎に走査方向が反転して大きく移動するため、マスク用のステージ(13)がどの位置に在るかによってもその光軸ずれの量は変動する。そこで、そのステージ(13)が例えば移動ストローク中の中央等の基準位置に在るときに、その光軸ずれの量が最小になるように振り分けにしておく。これによって、走査型露光装置においてそのステージ(13)がどの位置に移動しても、その光軸ずれの量は小さく抑えられ(振り分けられ)、露光本体部に入射する露光エネルギービームの量が大きく低下することが無い。

【0018】この場合、一例として、そのマスク(R)のパターンは投影光学系(PL)を介してその基板(W)上に転写され、そのステージ(13)に載置されたマスク(R)の中心と投影光学系(PL)の光軸とが実質的に一致するときのステージ(13)の位置をその基準位置として、その露光エネルギービームのずれ情報を検出するようにしてもよい。これによって、そのマスクの全面のパターンを露光する際に、その露光エネルギービームの光軸ずれの量が最小になる。

【0019】また、別の例として、そのステージ(13)が所定の待機位置(例えば基板交換時の助走開始位置等)に在るときにその露光エネルギービームのずれ情報を検出し、ステージ(13)がその待機位置に在るときと、ステージ(13)がその基準位置に在るときとのその露光エネルギービームの変位情報、及びその基準位置で検出されたずれ情報に基づいて、その露光エネルギービームの調整を行うようにしてもよい。

【0020】このように、そのマスク側のステージ(13)が待機位置にあるときにその露光エネルギービームの光軸ずれの量を計測し、この計測結果を用いてそのステージ(13)がその基準位置に在るときに光軸ずれの量を予測し、この予測結果に基づいてその露光エネルギービームの位置を補正することによって、スループットを低下させることなく、1枚の基板への露光中での露光エネルギービームの光軸ずれの量を最小限に抑えられ

る。

【0021】次に、本発明による第3の露光方法は、露光エネルギービームをマスク(R)に照射し、このマスクのパターンを基板(W)上に転写する露光方法において、その基板上の或る一つのショット領域(SA6)に対する露光中にその露光エネルギービームのずれ情報を検出し、この検出結果に基づいてその基板上の次の露光対象のショット領域(SA7)に対する露光の開始前に、その露光エネルギービームの調整を行うものである。

【0022】このように、直前のショット領域での露光エネルギービームのずれ情報(光軸ずれの量等)の計測結果に基づいて、例えば次のショット領域へのステッピング中、又は助走中にその位置を補正することによって、その基板上の各ショット領域へ露光を行う場合に、スルーブットを低下させることなく光軸ずれ等の影響を小さくできる。

【0023】この場合、次の露光対象のショット領域への露光中にその露光エネルギービームのずれ情報の計測、及び調整を継続して行うようにしてもよい。このように、露光エネルギービームのずれの計測及び調整を露光中も継続して行うことによって、更に光軸ずれの影響が小さくなる。また、本発明による露光装置は、マスク(R)に形成されたパターンを基板(W)上に転写する露光装置において、所定のベース(2)上に設置されて露光エネルギービームを発生するビーム源(33)と、このビーム源と異なるベース(1)上に設置され、その露光エネルギービームのもとでマスク(R)のパターンを基板(W)上に転写するための露光本体部(5)と、その露光エネルギービームの露光本体部(5)に対するずれ情報を検出する検出装置(20)と、この検出結果に基づいてその露光エネルギービームを補正する補正装置(35)と、露光本体部(5)での動作に応じて、検出装置(20)及び補正装置(35)の動作を制御する制御システム(6、10、22)と、を有するものである。斯かる本発明の露光装置によれば、本発明の露光方法が実施できる。

【0024】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態の一例につき図面を参照して説明する。本例は、露光光源が露光本体部の床下に設置されているステップ・アンド・スキャン方式の投影露光装置に本発明を適用したものである。図1は、本例の投影露光装置を示す断面図であり、この図1において、或る半導体製造工場の所定の階の床1上に、防振ゴム等の防振部材3A、3Bを介して箱状のチャンバ4が設置され、チャンバ4内に露光本体部5が設置されている。また、チャンバ4の外部の床1上に装置全体の動作を統轄制御するコンピュータよりなる主制御系6が設置されている。主制御系6には、それぞれマイクロプロセッサを含むステージ制御系10、及び光

軸ずれ制御系22が接続されている。そして、床1の階下の床2上のいわゆる機械室(これは「ユーティリティスペース」とも呼ばれている)に防振部材31A、31Bを介して箱状のカバー32が設置され、カバー32内に露光光源としてのエキシマレーザ光源33、及び光軸ずれ補正系35等が設置されている。

【0025】本例では、床1の部屋はクリーンルームであり、このクリーンルーム内の空気は清浄化され、且つ恒温化されている。また、チャンバ4内には不図示の空調装置からその外部のクリーンルーム内の空気よりも更に厳密に防塵が行われ、且つ高精度に所定温度に制御された気体(空気等)が供給され、チャンバ4内を流れた気体がその空調装置に戻されている。一方、床2上の機械室内は、非クリーンルームであり、クリーンルーム程の温度管理等は行われていない。このように本例では、露光光源がクリーンルームの外部に設置されているため、建設コストの高いクリーンルーム内に多くのチャンバ4を設置でき、全体として設備費用が軽減されている。

【0026】次に、露光本体部5の構成につき説明する。本例では投影光学系12が使用されているため、以下では、投影光学系12の光軸AXに平行にZ軸を取り、Z軸に垂直な平面(水平面)内で図1の紙面に垂直にX軸を、図1の紙面に平行にY軸を取って説明する。本例では、Y軸に平行な方向が走査露光時の移動方向(走査方向)である。露光本体部5において、チャンバ4の底面上に定盤7が設置され、定盤7上にウエハステージ8が移動自在に配置され、ウエハステージ8上に不図示のウエハホルダを介して、フォトレジストが塗布された露光対象の半導体ウエハ(以下、単に「ウエハ」と呼ぶ)Wが吸着保持されている。ウエハステージ8は、例えばリニアモータ方式でY方向にウエハWを連続移動し、X方向及びY方向にウエハWをステップ移動すると共に、ウエハWの表面をオートフォーカス方式で投影光学系12の像面に合焦させるために、ウエハWのフォーカス位置(Z方向の位置)、及び傾斜角を制御する。ウエハステージ8のXY平面内での位置、及び回転角はレーザ干渉計9によって計測され、計測値がステージ制御系10及び主制御系6に供給され、ステージ制御系10はその計測値、及び主制御系6からの露光開始コマンド等に応じてウエハステージ8の動作を制御する。

【0027】また、定盤7上に4本の脚部を有するコラム11が植設され、コラム11の1段目の仕切りに投影光学系12が固定され、コラム11の2段目の仕切りにレチクルステージ13が移動自在に配置され、レチクルステージ13上に不図示のレチクルホルダを介して、露光対象のパターンが形成されたレチクルRが吸着保持されている。レチクルステージ13は、例えばリニアモータ方式でY方向にレチクルRを連続移動し、X方向、Y方向及び回転方向にレチクルRの位置を微調整す

る。レチクルステージ13のXY平面内での位置、及び回転角はレーザ干渉計14によって計測され、計測値がステージ制御系10及び主制御系6に供給され、ステージ制御系10はその計測値、及び主制御系6からの露光開始コマンド等に応じてレチクルステージ13の動作を制御する。

【0028】また、コラム11の最上段の平板上に照明光学系15が設置され、照明光学系15の入射面にフライアイレンズユニット16が設置され、フライアイレンズユニット16の入射面に近接して、下方からの露光光11をその入射面側に折り曲げるためのミラー17が設置されている。フライアイレンズユニット16は、例えば、1段目のフライアイレンズに対してリレーレンズ系を介して2段目のフライアイレンズを配置して構成され、2段目のフライアイレンズの射出面に可変の開口絞り配置されており、フライアイレンズユニット16によって照度分布が均一化された露光光11が照明光学系15に供給される。

【0029】照明光学系15は、リレーレンズ系、可変視野絞り、光路を下方に折り曲げるためのミラー、及びコンデンサレンズ系等から構成され、露光時には照明光学系15からレチクルRのパターン面(下面)のX方向に細長い矩形の照明領域(図6(b)の照明領域64に相当する)に露光光11が照射される。そして、露光光11のもとで、レチクルRの照明領域内のパターンの反転像が投影光学系12を介して所定の投影倍率 β (β は例えば $1/4$ 、 $1/5$ 等)でウエハW上の矩形の露光領域(図6(a)の露光領域66に対応する)に露光される。本例では、レチクルR上の照明領域、及びウエハW上の露光領域の中心はそれぞれ投影光学系12の光軸AX上に位置している。

【0030】走査露光時には、その照明領域(投影光学系12)に対して、レチクルステージ13を介してレチクルRが+Y方向(又は-Y方向)に速度VRで移動するのに同期して、その露光領域(投影光学系12)に対して、ウエハステージ8を介してウエハWが-Y方向(又は+Y方向)に速度 $\beta \cdot VR$ (β は投影倍率)で移動する。レチクルR及びウエハWはそれぞれ助走開始後に加速され、所定速度に達して定速移動するようになってから、照明領域への露光光11の照射が開始されてレチクルRのパターン像の転写が行われる。そして、1つのショット領域への転写が終了すると、露光光11の照射が停止されて、ウエハステージ8のステッピングによって次のショット領域が助走開始位置に移動し、以下、ステップ・アンド・スキャン方式で各ショット領域への転写が順次行われる。

【0031】次に、本例のフライアイレンズユニット16から露光光源までの構成につき説明する。露光本体部5において、コラム11の中段に、上段のミラー17に平行に、かつ露光光11の光軸に 45° で交差するよ

うにミラー18が設置され、コラム11の+Y方向の側面にL字型の筒状の支持部材11dが固定され、支持部材11dは、チャンバ4の側面の開口部を通して外部に突き出ている。支持部材11d内には、ミラー18に平行に反射率が大きく透過率が小さいビームスプリッタ19が設置され、ビームスプリッタ19の入射面側の支持部材11dの底面に光透過性の窓部材21が設置されている。また、窓部材21からビームスプリッタ19にほぼ 45° の入射角で入射した光束が、ビームスプリッタ19を通過した方向に光軸ずれモニタユニット20が設置されている。また、窓部材21の下方に円筒状のダクト23が配置され、ダクト23は床1に形成された貫通孔1aを通して階下に通じており、ダクト23の底面に光透過性の窓部材24が固定されている。

【0032】そして、階下の床2上のカバー32内において、エキシマレーザ光源33からはほぼ水平面内のY方向に射出された紫外パルス光よりなる露光光11は、レンズ34b及び34aよりなるビームエキスパンダ34を介して所定の断面形状に整形される。ビームエキスパンダ34を通過した露光光11は、ミラー36によってほぼ上方(+Z方向)に反射された後、それぞれ光透過性の平行平板ガラスよりなるXハービング40、及びYハービング42を経て、カバー32の上面に設けられた光透過性の窓部材55に入射する。

【0033】本例では、ミラー36、Xハービング40、Yハービング42、及びこれらの駆動素子より、光軸ずれ補正系35が構成されている。即ち、ミラー36は、支点37と、ムービングコイルモータ等の伸縮自在の駆動素子からなるY軸アクチュエータ38、及びX軸アクチュエータ39とに支持されており、Y軸アクチュエータ38、及びX軸アクチュエータ39の伸縮量は光軸ずれ制御系22によって制御される。また、Xハービング40及びYハービング42はそれぞれ回転モータ41及び43によって回転され、回転モータ41、43の回転量も光軸ずれ制御系22によって制御されている。

【0034】図2は、図1中の光軸ずれ補正系35を簡略化して示す拡大斜視図であり、この図2において、図1のビームエキスパンダ34からの露光光11は、ミラー36によってほぼ+Z方向に反射された後、Xハービング40、及びYハービング42を通過している。この場合、支点37を回転軸としてX軸アクチュエータ39、及びY軸アクチュエータ38を所定量伸縮してミラー36を2次元的に走査(ラスタスキャン)することによって、それぞれ露光光11の角度(進行方向)はY軸に平行な軸を中心として $\delta\theta_x$ 、及びX軸に平行な軸を中心として $\delta\theta_y$ だけ変化する。更に、Xハービング40を図2の回転モータ41によって、Y軸に平行な軸41aの周りに所定量回転することによって、露光光11の光路はX方向に δdx だけ横シフト(位置ずれ)し、Yハービング42を図2の回転モータ43によって、X

軸に平行な軸43aの周りに所定量回転することによって、露光光1Lの光路はY方向に δdy だけ横シフトする。従って、光軸ずれ補正系35によって、露光光1Lの2次元的な角度ずれ、及び2次元的な位置ずれを所定範囲内で制御できることになる。

【0035】図1に戻り、光軸ずれ補正系35、及び窓部材55を通過した露光光1Lは、ダクト23の底面の窓部材24、及びダクト23の内部を通過して、床1上の露光本体部5の支持部材11dの窓部材24に入射する。窓部材24を透過した露光光1Lは、ビームスプリッタ19に入射し、入射した露光光1Lの内の僅かの（例えば1%程度）の光束は、ビームスプリッタ19を透過して光軸ずれモニタユニット20に入射し、光軸ずれモニタユニット20において進行方向（入射角）のずれ量、及び横シフト量の検出が行われ、検出結果が光軸ずれ制御系22に供給される。また、入射した露光光1Lの内の大部分（例えば99%程度）の光束は、ミラー18の方向（以下、「主光路」と呼ぶ）に向かう。主光路は、フライアイレンズユニット16に通じている。

【0036】図3(a)は、図1中の光軸ずれモニタユニット20の構成を示し、この図3(a)において、ビームスプリッタ19に入射する露光光1Lの中で、ビームスプリッタ19で反射された露光光1L1は、シャッタ51の近傍を通過して主光路に向かう。図1の主制御系6は、駆動モータ52を介してシャッタ51で露光光1L1の光路を開閉できるように構成されており、例えば露光は行わずに露光光1L1の露光本体部5に対する位置ずれ量、角度ずれ量等をモニタしたい場合等には、シャッタ51によって露光光1L1が遮断される。

【0037】また、ビームスプリッタ19を透過した露光光1L2は、ハーフミラー44に入射する。そして、ハーフミラー44を透過した光束1L2aは、適当な減光フィルタ45、及び焦点距離fの集光レンズ46を経て、CCD等からなる2次元の撮像素子47に入射する。集光レンズ46、及び撮像素子47より角度ずれモニタが構成されている。撮像素子47の撮像信号を図1の光軸ずれ制御系22で処理することによって、図3(c)に示すように、撮像素子47の撮像面47aにおいて、光束1L2aの中心の所定の基準点に対するX方向、及びY方向への位置ずれ量 $\Delta x2$ 、及び $\Delta y2$ が検出される。

【0038】この場合、撮像素子47の撮像面47aは、図1のフライアイレンズユニット16の入射面に対してほぼ光学的フーリエ変換面（瞳面）の関係にあり、露光光1LのY軸の周りの角度ずれを $\delta \theta x'$ 、X軸の周りの角度ずれを $\delta \theta y'$ とすると、これらと位置ずれ量 $\Delta x2$ 、 $\Delta y2$ との間には次の関係がある。

$$\Delta x2 = f \cdot \delta \theta x' \quad (1A)$$

$$\Delta y2 = f \cdot \delta \theta y' \quad (1B)$$

このとき、フライアイレンズユニット16の光軸に対す

る角度ずれ量 $\delta \theta x'$ 、 $\delta \theta y'$ が0の状態、位置ずれ量 $\Delta x2$ 、 $\Delta y2$ が0になるように、撮像面47aにおける基準点が設定されており、光軸ずれ制御系22は(1A)式、(1B)式より露光光1Lの露光本体部5に対する角度ずれ量 $\delta \theta x'$ 、 $\delta \theta y'$ を算出する。

【0039】一方、ハーフミラー44で反射された光束1L2bは、ミラー48、倍率mの縮小光学系49を経て、CCD等からなる2次元の撮像素子50に入射する。縮小光学系49、及び撮像素子50より位置ずれモニタが構成され、不図示であるが縮小光学系49と撮像素子50の間には、撮像素子50への入射光量調整のための適当な減光フィルタが設置されている。撮像素子50の撮像信号を図1の光軸ずれ制御系22で処理することによって、図3(b)に示すように、撮像素子50の撮像面50aにおいて、光束1L2bの中心の所定の基準点に対するX方向、及びY方向への位置ずれ量 $\Delta x1$ 、及び $\Delta y1$ が検出される。

【0040】この場合、撮像素子50の撮像面50aは、図1のフライアイレンズユニット16の入射面に対してほぼ共役であり、露光光1LのX方向の位置ずれ量を $\delta dx'$ 、Y方向の位置ずれ量を $\delta dy'$ とすると、これらと位置ずれ量 $\Delta x1$ 、 $\Delta y1$ の間には次の関係がある。

$$\Delta x1 = m \cdot \delta dx' \quad (2A)$$

$$\Delta y1 = m \cdot \delta dy' \quad (2B)$$

また、フライアイレンズユニット16に対する位置ずれ量 $\delta dx'$ 、 $\delta dy'$ が0の状態、撮像面50aでの位置ずれ量 $\Delta x2$ 、 $\Delta y2$ が0になるように、撮像面50a上での基準点が設定されており、光軸ずれ制御系22では(2A)式、(2B)式より露光光1Lの露光本体部5に対する位置ずれ量 $\delta dx'$ 、 $\delta dy'$ を算出する。

【0041】なお、撮像素子50の撮像面とフライアイレンズユニット16の入射面とを共役配置することが難しいときには、予め光軸ずれモニタユニット20での検出結果とフライアイレンズユニット16の入射面での位置ずれ量との対応関係を求めておき、前者の検出結果とその対応関係とから実際の位置ずれ量を求めてもよい。

【0042】そのように、角度ずれ量 $\delta \theta x'$ 、 $\delta \theta y'$ 、及び位置ずれ量 $\delta dx'$ 、 $\delta dy'$ を算出した後に光軸ずれ制御系22は、図2に示すように、光軸ずれ補正系35での角度ずれの補正量 $\delta \theta x$ 、 $\delta \theta y$ をそれぞれ $-\delta \theta x'$ 、 $-\delta \theta y'$ に設定し、且つ位置ずれの補正量 δdx 、 δdy をそれぞれ $-\delta dx'$ 、 $-\delta dy'$ に設定する。実際には、光軸ずれモニタユニット20で検出される角度ずれ量 $\delta \theta x'$ 、 $\delta \theta y'$ 、及び位置ずれ量 $\delta dx'$ 、 $\delta dy'$ がそれぞれ0になるように、角度ずれの補正量や位置ずれの補正量を制御してもよい。これによって、露光光1Lの露光本体部5に対す

る角度ずれ量、及び位置ずれ量（以下、まとめて「光軸ずれの量」と呼ぶ）、ひいては露光光1 L 1の露光本体部5のフライアイレンズユニット16に対する光軸ずれの量がほぼ0になる。

【0043】但し、図1において、レチクルステージ13の位置やウエハステージ8の位置等によって露光本体部5の重心位置が変化し、これによって露光光1 L 1の光軸ずれの量が変化することが考えられる。また、その光軸ずれの量の計測、及び補正動作はできるだけ露光工程のスループットを低下させないように行われることが望ましい。そこで、本例では先ず次のように初期調整を行う。

【0044】例えば本例の投影露光装置を設置した際の初期調整時（又はその投影露光装置のメンテナンス時等でも可）に、ウエハステージ8の中心（ここでは重心を意味する、以下同様）、及びレチクルステージ13の中心をそれぞれ投影光学系12の光軸A X上に移動させる。その光軸A Xは、本例の投影露光装置の両ステージ8、13を除く機構部の重心をほぼ通過しているため、その光軸A Xの位置を以下では単に「センタ位置」とも言う。以下、このときの両ステージ8、13の配置を「光軸観察基準配置」と称する。次に、図1のエキシマレーザ光源33を発光させて、光軸ずれ補正系35による光軸ずれの補正量を0にした状態で、ビームスプリッタ19、及びミラー17、18の位置や角度等の調整を行って、露光光1 L 1のフライアイレンズユニット16の入射面に対する光軸ずれの量（角度ずれ量、及び位置ずれ量）を0にする。このためには、一例として、投影光学系12を通過した光量が最大になるように調整してもよい。

【0045】更に、光軸ずれモニタユニット20において、図3に示すように、撮像素子47、50の撮像面47a、50aに入射する光束1 L 2a、1 L 2bの中心をそれぞれ基準位置として、これらの基準位置を光軸ずれ制御系22内の記憶部に記憶する。これによって、ウエハステージ8、及びレチクルステージ13の中心がセンタ位置に在るときに、露光光1 L 1のフライアイレンズユニット16に対する光軸ずれの量が0になると共に、光軸ずれモニタユニット20を介してモニタされる光軸ずれの量も0になる。ところが、ウエハステージ8の中心、又はレチクルステージ13の中心がそのセンタ位置からずれると、その光軸ずれの量が変化する。そこで、その初期調整時に、ウエハステージ8、又はレチクルステージ13の位置を変化させて、光軸ずれモニタユニット20を介して光軸ずれの量をモニタしておく。

【0046】図4（a）～（c）は、そのようにウエハステージ8、又はレチクルステージ13の位置を変化させた場合にモニタされる光軸ずれの量の変化の一例を示し、図4（a）はウエハステージ8の中心をセンタ位置に固定した状態で、レチクルステージ13をY方向（走査方向）に移動させた場合の露光光1 L 1の光軸ずれの量の変化を示す。

図4（a）の横軸はレチクルステージ13のY座標Y R（センタ位置を原点としてある）、縦軸はそのY座標における位置ずれ量 $\delta d 1$ 、及び角度ずれ量 $\delta \theta 1$ を示し、実線の曲線61 dが位置ずれ量 $\delta d 1$ に、点線の曲線61 θ が角度ずれ量 $\delta \theta 1$ にそれぞれ対応している。なお、位置ずれ量、及び角度ずれ量は実際にはベクトル量であるが、図4では例えばX成分、又はY成分の内のより大きく変化する成分を表している。

【0047】更に、図4（a）において、閾値V t h、 $-V t h$ は、例えばその光軸ずれ量を超えると、フライアイレンズユニット16の入射面において、照明されないフライアイエレメントが発生するか、又は結像性能に影響が出てしまうような光軸ずれ量の許容できる上限値である。閾値V t h、 $-V t h$ は、角度ずれ量 $\delta \theta$ 、及び位置ずれ量 δd のそれぞれについて設定されているが、図4では便宜上両者を同じレベルで表している。また、+側の閾値V t hの絶対値と、-側の閾値（ $-V t h$ ）の絶対値とは異なる場合も有り得る。また、フライアイエレメント、及び結像性能を総合的に考慮して閾値V t h、 $-V t h$ を設定してもよく、閾値V t h、 $-V t h$ は予め実験等で求めておくものとする。また、センタ閾値R c、 $-R c$ は、レチクルステージ13の位置がセンタ位置に在るときに検出される光軸ずれの量がこのレベルを超えると、全走査範囲内の端部において、光軸ずれの量が閾値V t h、 $-V t h$ を超えて良好な露光ができなくなるレベルを示している。これらは図4（b）、（c）においても共通である。

【0048】また、図4（b）は、レチクルステージ13の中心をセンタ位置に固定した状態で、ウエハステージ8をX方向（非走査方向）に移動したときの、ウエハステージ8のX座標X Wに対する露光光1 Lの光軸ずれの量（位置ずれ量 $\delta d 2$ 、及び角度ずれ量 $\delta \theta 2$ ）を示している。実線の曲線62 dが位置ずれ量 $\delta d 2$ に、点線の曲線62 θ が角度ずれ量 $\delta \theta 2$ にそれぞれ対応している。なお、図4（b）の横軸の必要ストロークとは、ウエハステージ8のX方向の移動可能範囲を示している。

【0049】同様に、図4（c）は、レチクルステージ13の中心をセンタ位置に固定した状態で、ウエハステージ8をセンタ位置からY方向（走査方向）に移動したときの、ウエハステージ8のY座標Y Wに対する露光光1 L 1の光軸ずれの量（位置ずれ量 $\delta d 3$ 、及び角度ずれ量 $\delta \theta 3$ ）を示している。実線の曲線63 dが位置ずれ量 $\delta d 3$ に、点線の曲線63 θ が角度ずれ量 $\delta \theta 3$ にそれぞれ対応している。なお、図4（c）の横軸の必要ストロークとは、ウエハステージ8のY方向の移動可能範囲を示している。

【0050】実際の露光時には、レチクルステージ13の位置、及びウエハステージ8の位置は共に投影露光装

置のセンタ位置から外れるため、最悪状態を見積もる場合は光軸ずれの量は近似的に、図4(a)～(c)の光軸ずれの量の和($\delta d_1 + \delta d_2 + \delta d_3$, $\delta \theta_1 + \delta \theta_2 + \delta \theta_3$)で表される。この後、以下のA～Dのような複数の方法を使い分けることによって、光軸ずれの量のモニタ及び補正を行う。

【0051】A. ウエハへの露光前にモニタ及び補正を行う方法

この方法は、図1において、エキシマレーザ光源33の射出面と、フライアイレンズユニット16の入射面とが必ずしも共役設定されていないが、その共役性のずれ量(共役崩し量)があまり大きくはなく、振動等によって露光光11の光軸ずれが或る程度生じる恐れがある場合に有効な補正方法である。この方法では、ウエハへの露光中には光軸ずれの量のモニタ、及び補正は行うことなく、例えば1ロット中の各ウエハ、又は1ロットの先頭のウエハへの露光を行う前に光軸ずれの量のモニタ、及び補正を行う。具体的にこの方法では、先ず図1において主制御系6は、エキシマレーザ光源33の発光を停止した状態で、ウエハステージ8の中心、及びレチクルステージ13の中心をそれぞれ投影光学系12の光軸AX(投影露光装置のセンタ位置)上に移動させる。即ち、両ステージ8、13の配置を光軸観察基準配置に設定する。その後、主制御系6は、図3のシャッタ51を介して露光光11を遮断した状態で、図1のエキシマレーザ光源33のパルス発光(タミー発光)を行わせる。

【0052】このときに、光軸ずれ制御系22は、図3の光軸ずれモニタユニット20からの撮像信号を処理して露光光11の露光本体部5に対する光軸ずれの量(角度ずれ $\delta \theta x'$, $\delta \theta y'$ 、及び位置ずれ $\delta dx'$, $\delta dy'$)を算出する。この光軸ずれの量の算出に用いる露光光11のパルス数は、エキシマレーザ光源33の射出位置での露光光11(パルス光)の角度のばらつきを十分平均化できる数以上に設定される。このパルス数に応じて図3の撮像素子47、50では可能な限りのフレーム数の画像を撮像し、光軸ずれ制御系22では各フレームの撮像信号から得られる光軸ずれの量を平均化する。その後、光軸ずれ制御系22は、平均化して得られた光軸ずれの量(角度ずれ $\delta \theta x'$, $\delta \theta y'$ 、及び位置ずれ $\delta dx'$, $\delta dy'$)が、図4(a)～(c)のセンタ閾値 R_c 、 $-R_c$ の間に収まるように図1の光軸ずれ補正系35での露光光11の角度ずれ及び位置ずれの補正量を制御する。

【0053】このように、両ステージ8、13がセンタ位置に在るときに光軸ずれの量をほぼ0にしておく(中心振り分けにしておく)ことによって、その後の1ロット、又は1枚のウエハの露光中にウエハステージ8、及びレチクルステージ13がそのセンタ位置から移動しても、露光光11のフライアイレンズユニット16に対

する光軸ずれの量(角度ずれ量 $\delta \theta$ 、及び位置ずれ量 δd)は、閾値 V_{th} 、 $-V_{th}$ の間に収まっており、露光光11のウエハW上での照度(パルスエネルギー)はほぼ最大となっている。従って、ウエハW上のフォトレジストに対して一定の露光量を得るために、走査露光時のウエハWの速度を最大にできるため、露光工程のスループットを高く維持できる。

【0054】なお、この場合には、図4(a)のレチクルステージ13の走査範囲、及び図4(b)、(c)のウエハステージ8の必要ストローク内での光軸ずれの量の和($\delta d_1 + \delta d_2 + \delta d_3$, $\delta \theta_1 + \delta \theta_2 + \delta \theta_3$)の最大値が、それぞれ閾値 V_{th} 、 $-V_{th}$ の間に収まっていることが予め確認されているものとする。

【0055】B. ウエハの交換時にモニタ及び補正を行う方法

この方法も、上記の方法Aと同様にエキシマレーザ光源33の射出面とフライアイレンズユニット16の入射面との共役性の崩し量がそれ程大きくない場合に有効な方法であるが、上記の方法Aは高頻度に行うとスループットが低下するのに対して、この方法ではスループットの低下を防止できる。

【0056】即ち、この方法では、例えば1ロット中の各ウエハを露光する前にウエハステージ8はウエハ交換位置(ウエハのローディングポジション)に移動し、レチクルステージ13の中心は投影光学系12の光軸AX(センタ位置)に移動する。この配置を「ウエハ交換配置」と称する。ウエハ交換配置でのウエハステージ8の中心位置を、図4(b)、(c)ではウエハ交換位置WPで表してある。

【0057】この状態では、方法Aで述べたような光軸観察基準配置の状態とは、露光本体部5の傾き角、及び変形量が異なり、光軸ずれモニタユニット20を介して光軸ずれの発生が検出できる。この状態で、検出された光軸ずれの補正を行うと、光軸観察基準配置(両ステージ8、13がセンタ位置)では、光軸ずれの量がセンタ閾値 R_c 、 $-R_c$ の範囲を超えてしまい、1枚のウエハへの露光中に光軸ずれの量が許容量(閾値 V_{th} 、 $-V_{th}$)を超えて、補正が必要となる場合があり得る。即ち、例えば照明光学系15内で露光光11の照度が大きく低下していることが検出されたような場合には、露光動作を停止して、光軸ずれ補正系35を用いて光軸ずれの補正動作が必要となる。

【0058】これを避けるため、この方法では予め光軸観察基準配置にて光軸ずれの量をほぼ0に合わせてその光軸ずれの量($\delta \theta$, δd)を検出した後、ウエハステージ8の位置をウエハ交換位置WPに移動したウエハ交換配置の状態、光軸ずれモニタユニット20を介して光軸ずれの量($\delta \theta$, δd)を検出し、主制御系6はこれらの光軸ずれの量の差分($\delta \theta_{rel}$, δd_{rel})をオフセットとして記憶しておく。実際には、そのオフセット

($\delta\theta_{c..}$, $\delta d_{c..}$)は、それぞれX成分 $\delta\theta_{x_{c..}}$, $\delta d_{x_{c..}}$ 、及びY成分 $\delta\theta_{y_{c..}}$, $\delta d_{y_{c..}}$ よりなる。このようにオフセットを求める動作(キャリブレーション)は、或る程度の頻度、例えば1ロットのウエハへ露光する毎等に行えば、露光工程のスループットは殆ど低下しない。

【0059】その後、この方法ではウエハの交換毎に前述のウエハ交換配置にて、光軸ずれモニタユニット20を介して露光光1Lの光軸ずれの量をモニタする。このようにモニタされる光軸ずれの量の内の、角度ずれ量のX, Y成分を($\delta\theta_{x_{...}}$, $\delta\theta_{y_{...}}$)、位置ずれ量のX, Y成分を($\delta d_{x_{...}}$, $\delta d_{y_{...}}$)とする。そして、主制御系6は、そのモニタ結果より、次のように予め求めておいたオフセットを差し引いて、間接的に光軸観察基準配置での光軸ずれの量($\delta\theta_{x_0}$, $\delta\theta_{y_0}$, δd_{x_0} , δd_{y_0})を予測する。

【0060】

$$\delta d_{x_0} = \delta d_{x_{...}} - \delta d_{x_{c..}} \quad (3A)$$

$$\delta d_{y_0} = \delta d_{y_{...}} - \delta d_{y_{c..}} \quad (3B)$$

$$\delta\theta_{x_0} = \delta\theta_{x_{...}} - \delta\theta_{x_{c..}} \quad (3C)$$

$$\delta\theta_{y_0} = \delta\theta_{y_{...}} - \delta\theta_{y_{c..}} \quad (3D)$$

そして、主制御系6は、このように予測される光軸ずれの量($\delta\theta_{x_0}$, $\delta\theta_{y_0}$, δd_{x_0} , δd_{y_0})のそれぞれの絶対値が、図4のセンタ閾値Rcを超えていた場合には、その光軸ずれの量の予測値がセンタ閾値Rc, -Rc内に収まるように光軸ずれ制御系22、及び光軸ずれ補正系35を介して露光光1Lの光軸ずれの量を補正する。この補正動作は、ウエハの交換中に実行される。このようにウエハ交換動作と並列に光軸ずれのモニタ、及び補正を行うことによって、方法Aのように両ステージ8, 13を光軸観察基準配置に移動して光軸ずれのモニタ、及び補正を行ってから、露光を直列処理として行う場合と比べて、露光工程のスループットが向上する。

【0061】C. ウエハの各ショット領域毎にモニタ及び補正を行う方法

以下では、ウエハの各ショット領域毎に露光光1Lの光軸ずれの量のモニタ、及び補正を行う方法につき説明する。これは、図1において、エキシマレーザ光源33の射出面とフライアイレンズユニット16の入射面との共役性のずれ量(共役崩し量)が大きく、振動等によって大きな光軸ずれが発生する恐れがあり、1ウエハへの露光中に光軸ずれの量が許容量を超える恐れがある場合に有効である。この場合は、ウエハW上の各露光位置(各ショット領域)毎に光軸ずれの量のモニタ、及び補正を行うものとする。

【0062】図5は、ウエハW上の周辺のショット領域への露光を行うためにウエハステージ8がセンタ位置からずれた状態を示し、この図5において、露光位置が変わることにより露光本体部5とエキシマレーザ光源33

との相対的な光軸ずれの量($\delta\theta$, δd)も変わる。一般にエキシマレーザ光源のようにレーザビームの射出位置、及び射出角度が或る範囲で変化する恐れのあるパルス光源を用いた場合、そのレーザビームの射出角度等のばらつきを十分平均化させて精度よく光軸ずれの量を観測するためには、その観測だけで多くの計測パルス光が必要となる。従って、リアルタイムでの補正、即ち光軸ずれの量を連続的にモニタしてこの結果をサーボ系を介してフィードバックして補正するのでは、応答遅れとなり正確な光軸ずれ補正ができない。そこで、この方法では以下に述べるように、直前のショット領域への露光中に、走査露光と並列に光軸ずれの量をモニタして、このモニタ結果より次のショット領域での光軸ずれの量を予測し、ウエハステージ8が次のショット領域に対する走査開始位置(助走開始位置)にステップ移動する間に、その予測される光軸ずれの量が所定の許容範囲内に収まるように、光軸ずれ補正系35を介して光軸ずれの量を補正するというシーケンスを採用する。

【0063】図6(a)は、ウエハW上の各ショット領域SA1~SAN(Nは所定の整数)に対して順次走査露光を行う場合の、投影光学系12の矩形の露光領域66の軌跡67を示し、この図6(a)において、実際には静止している露光領域66に対してウエハWが移動するが、説明の便宜上、ウエハW上を露光領域66が相対移動するように表している。また、軌跡67中で実線の区間では、露光領域66に露光光1L1が照射されているが、点線の区間では露光領域66には露光光1L1は照射されていない。ここでは、例えばウエハW上のショット領域SA6への露光の次にショット領域SA7への露光を行う場合を想定する。

【0064】この場合、ショット領域SA6への走査露光動作と並列に、図1の光軸ずれモニタユニット20を介して露光光1Lの光軸ずれの量をモニタする。この際の計測対象のパルス光(露光光1L)としては、露光に要した全パルス光を用いて、1つのショット領域SA6への露光中の光軸ずれの量の平均値を以て光軸ずれの量とする。こうすることにより、図4(a), (c)に示すように、走査露光中の両ステージ8, 13の移動(走査)によって、方向性を持って発生する光軸ずれの量の平均値に対して次のショット領域での補正をすることが可能となる。あるいは、両ステージ8, 13の中心がほぼセンタ位置を横切る所定範囲での露光パルスを用いて光軸ずれのモニタをしても同じ効果が得られる。そのショット領域SA6の中心位置を、図4(b), (c)の露光位置SPであるとする、センタ位置に比べて所定の光軸ずれが発生している。

【0065】また、その光軸ずれのモニタ結果、予め求めてある図4の光軸ずれの量の特性、及び次の露光対象のショット領域SA7の中心位置とから、主制御系6は、次のショット領域SA7での光軸ずれの量を予測す

る。その後、図6(a)において、点線の区間67aで示すように、ウエハステージ8がショット領域SA6の走査終了位置からショット領域SA7の走査開始位置までステップ移動する間に、主制御系6は、光軸ずれ制御系22、及び光軸ずれ補正系35を介してその予測されるショット領域SA7での光軸ずれの量が所定の許容範囲(少なくとも図4の閾値 V_{th} 、 $-V_{th}$ の範囲内)に収まるようにする。その後、ショット領域SA7への走査露光が行われるが、この際には光軸ずれの量は許容範囲内であり、露光光の照度は高く維持されている。また、ショット領域SA7でも並列に光軸ずれモニタユニット20を介して光軸ずれの量のモニタが行われ、このモニタ結果に基づいて次のステップ移動時に光軸ずれの補正が行われる。

【0066】更に、この場合の1番目のショット領域(図6(a)のショット領域SA1)への露光前には、上記の方法Bで述べたウエハ交換配置で露光前の露光光IL1のパワー計測と兼ねて、光軸ずれの量をモニタする。更に、レチクルステージ13の位置はセンタ位置に設定し、ウエハステージ8の中心を1番目のショット領域の中心位置に設定した状態で光軸ずれの量をモニタし、このモニタ結果とウエハ交換配置での光軸ずれの量とのオフセットを予め求めて記憶しておく。そして、その後の各ウエハの1番目のショット領域への露光時には、ウエハ交換配置でモニタされた光軸ずれの量からそのオフセットを差し引いた値を以て、1番目のショット領域の露光位置に対して間接的に求めた光軸ずれの量として扱う。以上のような処理シーケンスを採用することにより、光軸ずれの量の露光位置依存性もリアルタイムではないにしても、ショット領域毎に極力相殺された状態で光軸ずれ補正が可能となる。

【0067】D. ショット領域への露光中もモニタ及び補正を行う方法

例えば図1の光軸ずれモニタユニット20での光軸ずれの量の検出、及び光軸ずれ補正系35での光軸ずれの補正が高速に実行できる場合には、図6(a)のウエハW上の各ショット領域への走査露光中にも、例えば所定の複数パルス毎に光軸ずれの量のモニタ結果を平均化し、この結果を用いて光軸ずれを補正するようにしてもよい。これによって、光軸ずれの量を更に低減できることがある。

【0068】なお、上記の実施の形態では、ウエハ交換配置では、レチクルステージ13はセンタ位置にあるが、図6(b)に示すように、レチクルステージ13を露光光IL1による照明領域64に対する走査開始位置に設定した状態(即ち、走査露光への待機状態)で、光軸ずれの量のモニタを行うようにしてもよい。この場合には、レチクルステージ13を走査開始位置まで戻す必要が無いため、スループットが更に向上する。

【0069】なお、上記の実施の形態は、本発明をステ

ップ・アンド・スキャン方式の投影露光装置に適用したものであるが、本発明は一括露光型の露光装置(ステッパー)で露光本体部と露光光源とが別の床上に設置されているような場合にも適用することができる。また、本発明は、露光本体部と露光光源とが同じ床面であっても、異なる防振台上に設置されているような場合にも適用できる。

【0070】更に、本発明は露光エネルギービームとして、紫外光のみならず、X線や荷電粒子線等を使用する露光装置にも適用できるのは明きらかである。このように、本発明は上述の実施の形態に限定されず、本発明の要旨を逸脱しない範囲で種々の構成を取り得る。

【0071】

【発明の効果】本発明の第1の露光方法によれば、露光本体部とビーム源(露光光源)とを離して設置しているような場合に、ビーム源から露光本体部に入射する露光エネルギービーム(露光光)の光量が大きく低下することが無い利点がある。従って、高いスループットが得られる。

【0072】次に、本発明の第2の露光方法によれば、露光本体部とビーム源とが離れて設置されている走査型露光装置において、ビーム源から露光本体部に入射する露光エネルギービームの光量が大きく低下することが無く、高いスループットが得られる。これらの場合に、マスクのパターンは投影光学系を介して基板上に転写され、基板の中心と投影光学系の光軸とが実質的に一致するときのステージの位置を基準位置として、露光エネルギービームのずれ情報を検出する場合には、その基板の全面で露光光の光量が大きく維持される。

【0073】また、ステージが基板の受け渡し位置(又は待機位置)に在るときに露光エネルギービームのずれ情報を検出し、ステージが基板の受け渡し位置(又は待機位置)に在るときとステージが基準位置に在るときとの露光エネルギービームの変位情報、及び基準位置で検出されたずれ情報に基づいて、露光エネルギービームの調整を行うときには、スループットを低下させることなく、基板(ウエハ)毎に高精度に光軸ずれを補正できる。

【0074】次に、本発明の第3の露光方法によれば、露光本体部とビーム源とが離れて設置されている露光装置において、基板(ウエハ)の各ショット領域毎に露光エネルギービーム(露光光)の光量をスループットを殆ど低下させることなく補正できる利点がある。また、ショット領域の露光中に露光エネルギービームの位置の計測及び位置調整を継続して行うことによって、露光エネルギービームの光量が更に高く維持できる。

【0075】また、本発明の露光装置によれば、そのような露光方法を実施できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施の形態の一例で使用される投影露

光装置を示す断面図である。

【図2】図1中の光軸ずれ補正系35を示す拡大斜視図である。

【図3】(a)は図1中の光軸ずれモニタユニット20、及びその周辺の構成を示す拡大図、(b)は撮像素子50の撮像面を示す図、(c)は撮像素子47の撮像面を示す図である。

【図4】レチクルステージ、及びウエハステージの位置による光軸ずれの量の変化を示す図である。

【図5】図1の状態に対してウエハステージ8の位置がずれた場合を示す要部の断面図である。

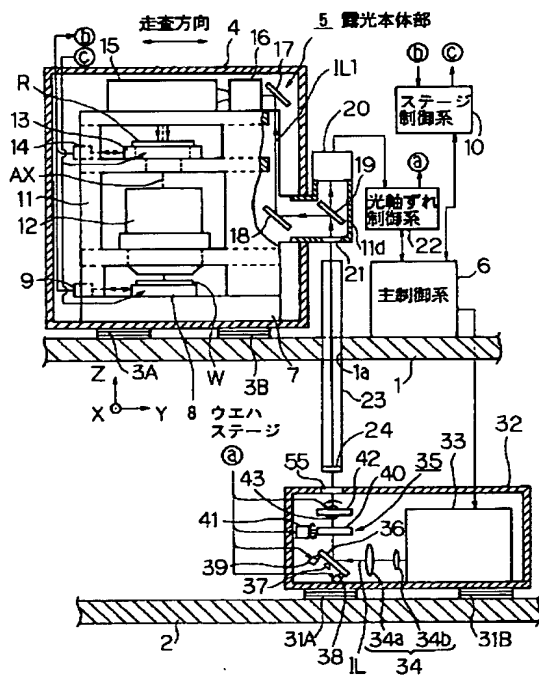
【図6】(a)は露光対象のウエハW上のショット配列の一例を示す平面図、(b)はレチクルステージが走査開始位置にある状態を示す平面図である。

【符号の説明】

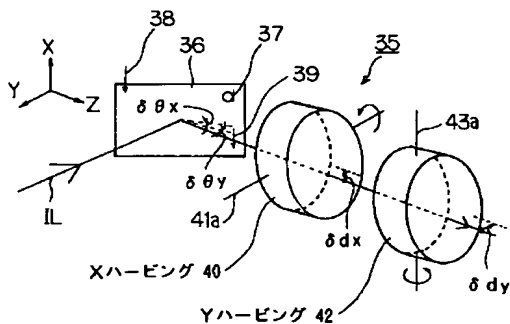
- 1, 2 床
- 4 チャンバ
- 5 露光本体部
- 6 主制御系
- 7 定盤
- 8 ウエハステージ
- W ウエハ
- R レチクル

- * 11 コラム
- 11d 支持部材
- 12 投影光学系
- 13 レチクルステージ
- 15 照明光学系
- 16 フライアイレンズユニット
- 19 ビームスプリッタ
- 20 光軸ずれモニタユニット
- 21, 24, 55 窓部材
- 22 光軸ずれ制御系
- 23 ダクト
- 33 エキシマレーザ光源
- 35 光軸ずれ補正系
- 36 ミラー
- 37 支点
- 38 Y軸アクチュエータ
- 39 X軸アクチュエータ
- 40 Xハーピング
- 41, 43 回転モータ
- 42 Yハーピング
- 47, 50 撮像素子
- 49 縮小光学系
- * 51 シャッタ

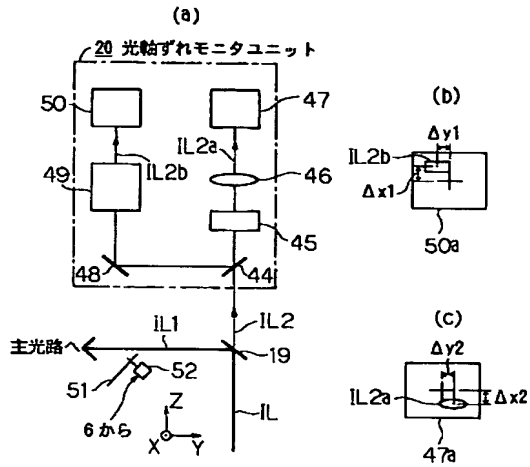
【図1】



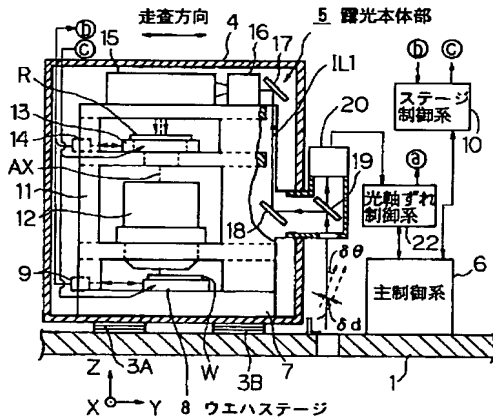
【図2】



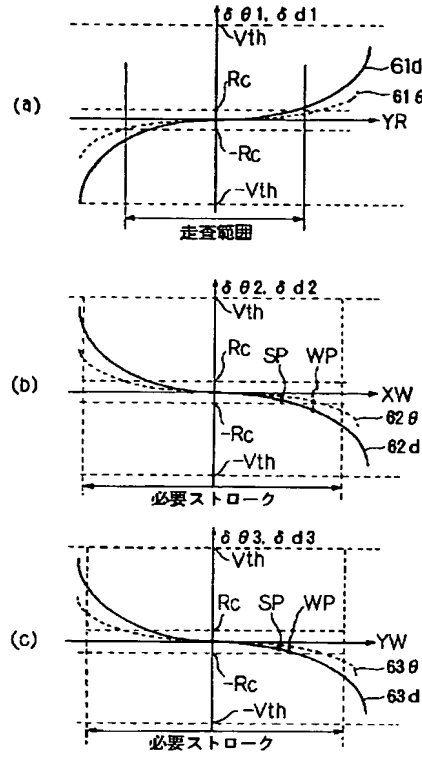
【図3】



【図5】



【図4】



【図6】

